

PERBEDAAN VOLUME TULANGAN DINDING GESER YANG DIRANCANG BERDASARKAN UBC '94 DAN SNI '92

M. Fauzie Siswanto¹⁾
Hendry Budianto Lo²⁾

ABSTRACT

This paper discusses one of the sections of Uniform Building Code (UBC) 1994 and Standar Nasional Indonesia (SNI) 1992 involved with reinforced concrete shear wall design. For the case study, the structure of Melia Purosani Hotel Yogyakarta has been computed by Structural Analysis Program (SAP) 1990 (two dimensional frame system) with static equivalent loads assumption. The result shows that the UBC '94 design is more efficient on the reinforcement volume

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah rawan gempa sebab dilalui oleh dua jalur gempa tektonik yaitu Circum Pasific Earthquake Belt dan Trans Asiatic Earthquake Belt. Di samping itu Indonesia juga terletak di antara 4 sistem tektonik yang aktif yakni Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Philipina, dan Pasifik. Oleh karena itu, dalam perencanaan bangunan bertingkat banyak perlu dipikirkan cara perancangan struktur tahan gempa. Perhatian yang paling utama dalam perancangan struktur tahan gempa adalah ketentuan adanya kekuatan dan daktilitas yang cukup untuk menjamin keselamatan jiwa manusia, ditambah pencegahan keruntuhan struktur pada waktu terjadi gempa yang sangat kuat selama umur bangunan.

Penggunaan dinding geser yang direncanakan secara daktail merupakan salah satu usaha untuk maksud tersebut. Dinding geser cukup efisien untuk menahan beban gempa yang terjadi. Kekakuan dinding geser yang besar akan menyebabkan gaya lintang akibat gempa sebagian besar akan diterima oleh dinding geser, sehingga dimensi balok dan kolom bisa dikurangi.

Peraturan dibahas dalam tulisan ini adalah Uniform Building Code 1994 (UBC 1994). UBC merupakan peraturan yang berasal dari Amerika Serikat, yang dewasa ini banyak dipakai terutama di Amerika Serikat bagian Barat dan diadopsi oleh banyak negara dalam peraturan gempa mereka. UBC ini ditinjau kembali setiap 3 tahun sekali dengan maksud agar peraturan tersebut dapat menyesuaikan dengan adanya penemuan formula baru yang berhubungan dengan teknik analisis dan perancangan struktur serta adanya penelitian yang kian berkembang.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, FT, UGM

Dalam hal menyangkut keselamatan penghuninya, UBC 1994 telah menyarankan agar struktur yang dirancang harus mampu :

- menahan gempa kecil tanpa mengalami kerusakan,
- menahan gempa sedang tanpa kerusakan struktural meskipun kerusakan non struktural dimungkinkan terjadi,
- menahan gempa besar yang berintensitas terkuat baik yang dialami maupun yang diperkirakan akan terjadi pada gedung tanpa mengalami keruntuhan walaupun dimungkinkan adanya kerusakan struktural maupun non struktural,
- diharapkan pada gempa besar, kerusakan yang terjadi dapat dibatasi pada tingkat yang bisa diperbaiki.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Muto (1987), terdapat tiga macam struktur yang bisa digunakan sebagai struktur utama untuk meningkatkan ketahanan terhadap gempa (terutama daya tahan horisontal) dari gedung bertingkat banyak, yakni :

- a) portal terbuka (Open frames),
- b) portal dinding (Walled frames),
- c) dinding geser (Shear walls) dan portal dengan penyokong diagonal (Diagonally braced frames).

Kegunaan dinding geser dalam perencanaan struktur gedung tingkat tinggi telah lama dikenal. Dinding geser pada suatu bangunan apabila ditempatkan pada posisi yang menguntungkan akan cukup efisien untuk menahan gaya lateral yang terjadi dan juga akan memenuhi syarat fungsional lainnya. Disebut sebagai dinding geser karena elemen struktur ini dirancang untuk menahan sebagian besar pembebanan lateral pada suatu bangunan dan gaya horisontal yang dihasilkan darinya (Paulay dan Williams, 1980).

Kekakuan dinding geser yang besar dapat mengurangi distorsi antar tingkat akibat gaya gempa sehingga dapat mengurangi kerusakan elemen non struktural dari suatu bangunan (Notes on ACI 318-83).

Di samping itu, kekakuan dinding geser yang cukup besar dapat mengurangi defleksi yang terjadi pada bagian-bagian lain dari suatu struktur misalnya pertemuan antara balok dan kolom, dan juga membantu memastikan letak terjadinya sendi plastik sebelum terjadi keruntuhan. Keuntungan yang besar dari segi struktur bisa didapatkan dari dinding geser beton bertulang pada suatu struktur penahan gaya lateral gempa yang dirancang dan didetail secara memadai dari segi kekuatan dan daktilitasnya. (Dowrick, 1978).

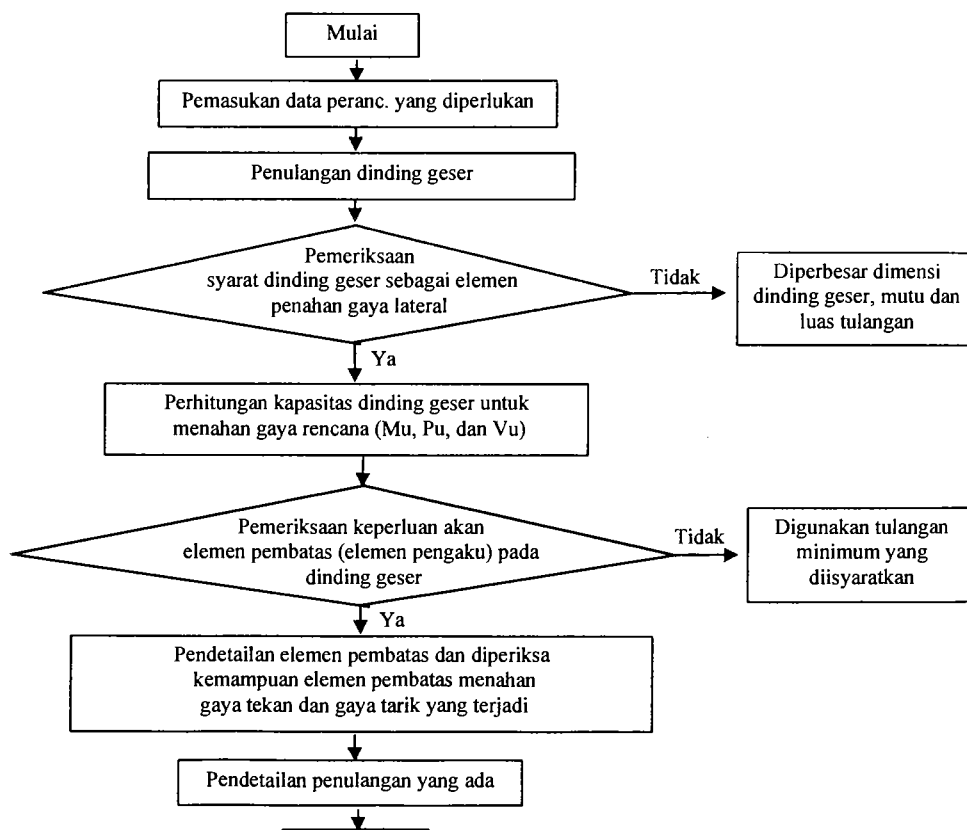
Peningkatan gaya aksial pada dinding geser akan menyebabkan garis netral berpindah mendekati sisi yang tertarik dan regangan tekan pada serat tekan terluar akan meningkat dan hal ini menyebabkan daktilitas menjadi semakin berkurang. Daktilitas dapat ditingkatkan dengan pengekanan beton di daerah tekan pada dasar dinding geser. (Wakabayashi, 1986).

Prasyarat dalam perancangan dinding struktural daktail adalah bahwa penentuan secara jelas daerah sendi plastis melalui pelelehan lentur harus mempertahankan kekuatan struktur selama terjadi simpangan inelastik akibat gempa. Untuk memenuhi syarat ini, kegagalan akibat geser, penjangkaran yang tidak cukup atau spasi tulangan yang tidak memenuhi, ketidakstabilan komponen beton atau tulangan tekan dan terjadinya geser sepanjang titik-titik pertemuan (joints) struktur harus dihindari, sementara defleksi inelastik akibat gempa ditahan oleh struktur bagian atas. (Paulay dan Williams, 1980)

UBC 1994 yang akan dibahas dalam tulisan ini telah mencakup hal-hal tersebut di atas. Untuk mencapai kekuatan dan daktilitas struktur yang diharapkan, UBC 1994 telah menetapkan ketentuan-ketentuan mengenai besarnya gaya aksial dan gaya geser rencana yang boleh bekerja pada dinding geser, syarat-syarat penulangan, perancangan kapasitas geser, lentur dan aksial, serta ketentuan mengenai elemen pembatas (elemen pengaku) dan pendetailannya.

BAGAN ALIR PERANCANGAN DINDING GESER MENURUT UNIFORM BUILDING CODE

Secara umum, perancangan dinding geser dapat dilihat pada bagan alir berikut ini :

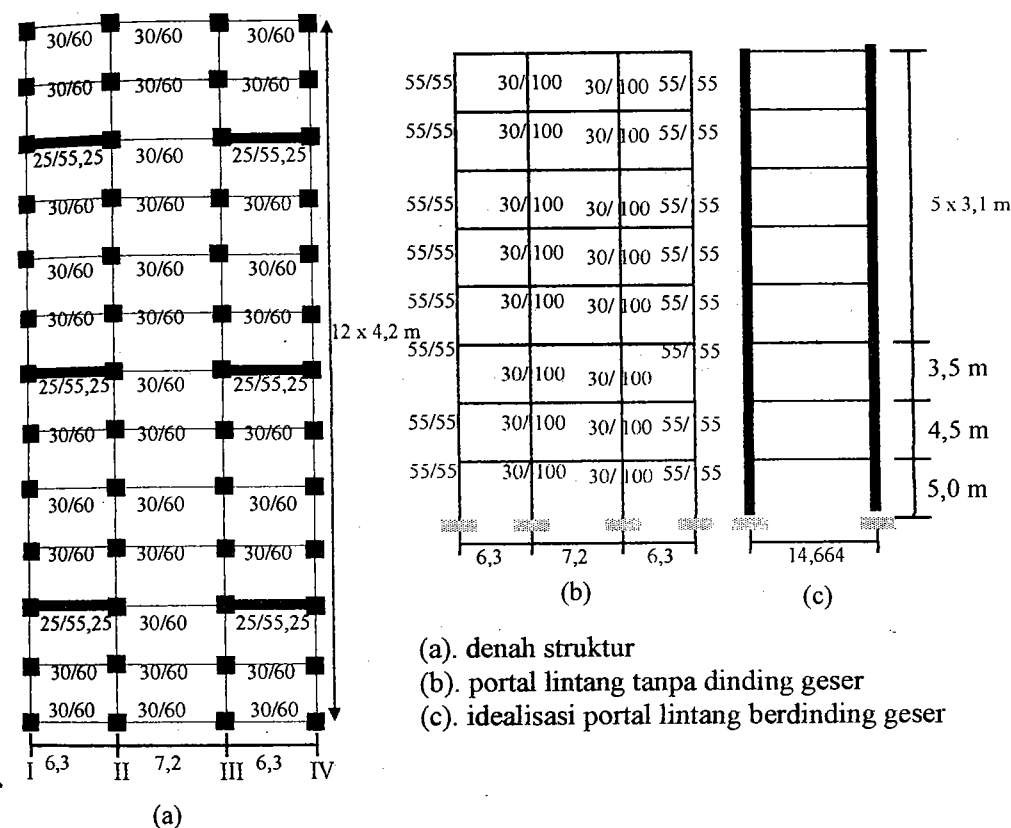


PERBANDINGAN PERANCANGAN DINDING GESER MENURUT UBC 1994 DENGAN SNI-03-2847 1992

Dalam perbandingan ini, digunakan contoh Bangunan Hotel Melia Purosani Yogyakarta yang telah disederhanakan bentuk dan pembebanannya serta diberikan dinding geser seperti yang terlihat berikut ini.

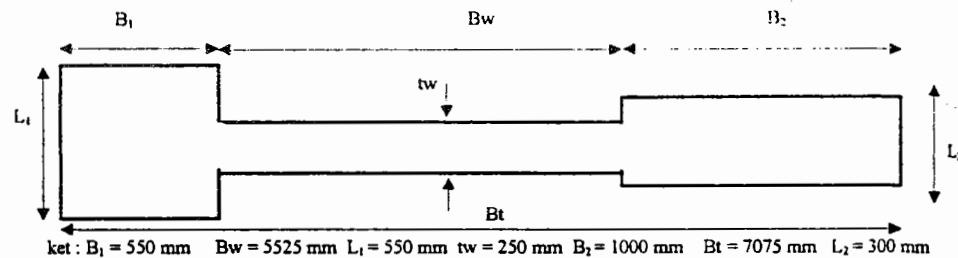
a. Denah dan Bentuk Portal

Denah dan bentuk portal yang akan dibahas adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Denah dan bentuk portal struktural (Istanto, J., 1994)

b. Ukuran dinding geser



Gambar 2 Dimensi dinding geser (Istanto, J., 1994)

c. Metode analisis yang digunakan

Metode analisis yang digunakan untuk analisis portal yaitu metode yang mengasumsikan dinding geser sebagai kolom dengan lebar yang besar untuk memperoleh hasil analisis yang mendekati keadaan yang sebenarnya. Analisis yang digunakan adalah analisis frame dua dimensi dengan bantuan program SAP90. Portal yang digunakan adalah portal lintang berdinding geser untuk pembebanan gravitasi dan gempa, dan portal ekuivalen untuk mencari lendutan yang terjadi pada gedung secara keseluruhan.

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari analisis struktur dan perancangan tulangan maupun pendetailan dinding geser gedung contoh kasus yang ditinjau (Hotel Melia Purosani Yogyakarta) memberikan hasil seperti tersaji dalam Tabel 1 berikut ini.

Dari tabel di atas terlihat bahwa untuk kasus yang ditinjau volume tulangan total yang diperlukan oleh dinding geser dengan tampang yang sama setinggi L_w dari dasar dinding menurut UBC 1994 lebih kecil daripada volume tulangan total menurut SNI 03 2847 1992. Hal ini bisa disebabkan karena adanya beberapa perbedaan yang terdapat pada ke dua peraturan tersebut. Sebagai contoh, misalnya pada UBC 1994, penggunaan 2 lapis tulangan pada dinding geser dilakukan apabila gaya geser rencana (V_u) > 0,166 $A_{cv} \sqrt{f'_c}$ sedangkan menurut SNI 03 2847 1992 3.14.5.2). (2) penggunaan 2 lapis tulangan harus dilakukan apabila gaya geser rencana (V_u) > 1/6 . $A_{cv} \sqrt{f'_c}$ dan ketebalan dinding > 200 mm. Dari kedua peraturan tersebut, terlihat bahwa ketentuan penerapan 2 lapis tulangan menurut SNI 03 2847 1992 lebih ketat daripada ketentuan menurut UBC 1994. Menurut catatan ACI 318-83, penggunaan dua lapis tulangan pada dinding geser pada keadaan tersebut dimaksudkan untuk menghindari pecah dan retak prematur beton di bawah pembebanan bolak-balik.

Pada kasus yang ditinjau, perbandingan antara tinggi dan lebar dinding geser adalah 4,03, sehingga dinding geser bisa dimodelkan sebagai elemen lentur. Menurut catatan ACI 318-83, dinding geser dengan rasio tinggi terhadap lebar sekitar 3 dapat berperilaku

sebagaimana balok kantilever vertikal, sehingga dirancang sebagai elemen lentur yang kekuatannya lebih ditentukan oleh lentur daripada oleh gaya geser. Untuk menjamin tidak terjadi keruntuhan akibat geser pada dasar dinding geser sehubungan terjadinya sendi plastis, maka perlu adanya pembesaran gaya geser hasil keluaran analisis struktur oleh faktor overstrength dan faktor dinamis. Faktor overstrength diberikan dengan memperhitungkan segala faktor yang dapat mengakibatkan kekuatan nyata elemen struktur lebih tinggi daripada kekuatan nominalnya. Faktor ini mencakup hal-hal yang berhubungan dengan kekuatan tulangan baja yang lebih tinggi daripada kuat leleh yang disyaratkan, tambahan kekuatan baja akibat adanya strain hardening pada waktu terjadi deformasi yang besar, kekuatan beton yang lebih tinggi daripada yang disyaratkan, ukuran tampang yang lebih besar daripada yang direncanakan semula, dan kuat tekan aksial yang meningkat pada elemen lentur sehubungan dengan adanya tulangan pengekang lateral pada elemen struktur beton.

Tabel 1. Perbandingan Pendetailan Dinding Geser Menurut UBC 1994 terhadap SNI 03 2847 1992

No.	Unsur	UBC 1994 (a)	SNI 02 2847 1992 (b)	Persentase (%) [(a-b)/b x 100%]
1.	Rasio tulangan vertikal (ρ_v)	$4,722596.10^{-3}$	$6,925565.10^{-3}$	-31,809
2.	Rasio tulangan badan (ρ_w)	$3,02.10^{-3}$	$2,5136.10^{-3}$	20,146
3.	Rasio tulangan sayap 1 (ρ_{f1})	$9,048.10^{-3}$	$1,88510^{-2}$	-52,000
4.	Rasio tulangan sayap 2 (ρ_{f2})	$8,225.10^{-3}$	$1,522.10^{-2}$	-45,959
5.	Spasi antar tulangan badan (mm)	300	110	172,727
6.	Luas tulangan horisontal setinggi L _w (mm ²)	5560,75	3859,583	44,076
7.	Rasio tulangan geser (ρ_n)	$2,973.10^{-3}$	$2,478610^{-3}$	19,971
8.	Kuat geser tampang (V_n)	3098,399 kN	2832,716	9,379
9.	Panjang horisontal elemen pembatas (mm)			
	L _{b2}	1060	1600	-33,75
	L _{b1}	1060	1950	-45,641
10.	Tebal terkecil elemen pembatas	250 mm	250 mm	0
11.	Tinggi elemen pembatas (mm)	7075	7075	0
12.	Luas tulangan pengekang pada elemen pembatas (Ash) arah melintang (mm ²)	510,2	1702,7	-70,036
13.	Luas tulangan pengekang pada elemen pembatas setinggi L _w (mm ²)	52076,843	202479,408	-74,28
14.	Spasi tulangan pengekang pada elemen pembatas (mm)	70	60	16,667
15.	Volume tulangan total (m ³)	0,208461180	0,39115395	-46,706
16.	Volume beton total (m ³)	13,82657005	13,6738773	1,339

Karena hal tersebut tidak tercakup dalam UBC 1994, maka diadopsi ketentuan yang dikemukakan oleh Paulay dan Williams (1980). Gaya geser rencana yang digunakan untuk merancang penulangan dinding geser (V_{ug}) adalah sebagai berikut :

$$V_{ug} = \omega_v \phi_v V_u$$

dengan :

ϕ_o = faktor overstrength
 $= 1,25 \cdot M_n / M_u$

V_u = gaya geser hasil keluaran program analisis struktur.

ω_v = faktor dinamis,

$\omega_v = 0,1N + 0,9$ untuk $N = 1 - 5$

$\omega_v = 1,5$ untuk $N = 6 - 9$

$\omega_v = 1,7$ untuk $N = 10 - 14$

$\omega_v = 1,8$ untuk $N > 14$;

dengan N = jumlah tingkat.

SNI 03 2847 1992 3.14.7.1).(3) menetapkan kuat geser rencana dinding geser pada penampang sehubungan adanya pembesaran dinamis dengan rumus :

$$V_{u,d_{max}} = \omega_d \cdot 0,7 \cdot M_{k,p,d} / (M_{E,d_{max}}) \cdot V_{E,d_{max}}$$

dengan

ω_d (faktor pembesaran dinamis) = 1,3 [SNI 03 2847 1992 ayat 3.14.4.2).(2)].

$M_{k,p,d}$ = momen kapasitas dinding pada penampang dasar dengan tegangan tarik baja tulangan sebesar 1,25 f_y .

$M_{E,d_{max}}$ = momen lentur maksimum dinding geser akibat beban gempa tidak berfaktor pada penampang dasar.

$V_{E,d_{max}}$ = gaya geser maksimum dinding geser akibat beban gempa tidak berfaktor pada penampang dasar.

Dari penjelasan di atas terlihat bahwa penggunaan faktor pembesaran dinamis (ω_v) menurut Paulay dan Williams (1980) lebih bervariasi menurut tingkat bangunan (N) daripada penggunaan faktor pembesaran dinamis (ω_d) menurut SNI 03 2837 1992 yang menetapkan nilai 1,3 untuk bangunan tanpa memperhitungkan jumlah tingkat.

Agar aman terhadap keruntuhan akibat geser, maka kapasitas geser tampang (ϕV_n) harus lebih besar daripada $V_{u,d_{max}}$ atau V_{ug} . Penggunaan faktor reduksi kekuatan (ϕ) untuk menentukan kapasitas geser tampang menurut UBC 1994 bisa ditingkatkan menjadi 0,85 untuk struktur yang mengalami pelelehan lentur pada dasar dinding, sedangkan menurut SNI 03 2847 1992 besarnya nilai ϕ adalah 0,6. Faktor reduksi kekuatan itu tidak ditingkatkan pada struktur yang mengalami pelelehan lentur pada dasar dinding berhubung pada ruas kanan persamaan $V_{u,d_{max}} = \omega_d \cdot 0,7 M_{k,p,d} / (M_{E,d_{max}}) \cdot V_{E,d_{max}}$ telah diberikan faktor 0,7. Apabila pada persyaratan $\phi V_n > V_{u,d_{max}}$, faktor 0,7 dipindahkan ke ruas kiri maka $\phi = 0,6$ harus dikalikan dengan $1/0,7$ sehingga menjadi 0,857 atau hampir sama dengan nilai 0,85 pada ϕ menurut UBC 1994.

Ditinjau dari persyaratan tebal elemen pembatas (elemen pengaku), dinding geser yang dibahas mempunyai ketebalan elemen pembatas 250 mm. Menurut UBC 1994, tebal elemen pembatas minimum adalah $L_u / 10$ (untuk kasus yang dibahas adalah 470 mm). Hal ini berarti tebal elemen pembatas untuk kasus yang dibahas tidak memenuhi syarat UBC 1994 sehingga tebal elemen pembatas itu perlu ditingkatkan. Menurut Paulay dan

Williams (1980), penggunaan $L_u/10$ ini untuk menjamin perilaku dinding geser sebagai kolom pendek berhubung tidak adanya informasi tentang kekompakan (*compactness*) dari tampang dinding geser. Pada SNI 03 2847 1992 tidak dimuat ketentuan mengenai tebal minimum elemen pembatas.

Peraturan dalam SNI 03 2847 1992 3.14.5.3).(3) menetapkan bahwa elemen pembatas direncanakan untuk menahan semua gaya gravitasi terfaktor yang bekerja pada dinding, termasuk beban tributari (trapesium) dan berat sendiri, dan juga gaya vertikal yang diperlukan untuk menahan momen guling yang dihitung dari gaya terfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa atau dengan kata lain sebagai elemen yang hanya menerima tekan saja. Untuk elemen tekan, rasio penulangan minimum menurut SNI 03 2847 1992 3.3.9.1) adalah 0,01 sedangkan UBC 1994 memperbolehkan rasio penulangan minimum sebesar 0,005. Hal ini berarti rasio penulangan minimum menurut SNI 03 2847 1992 lebih konservatif daripada rasio penulangan menurut UBC 1994, sehingga juga berpengaruh terhadap jumlah volume tulangan dinding geser secara keseluruhan.

KESIMPULAN

1. Untuk contoh kasus yang ditinjau (Hotel Melia Purosani Yogyakarta), volume total tulangan yang diperlukan oleh dinding geser menurut UBC 1994 dengan tampang yang sama untuk ketinggian L_w (lebar dinding geser) lebih kecil (ekonomis) daripada perancangan menurut SNI 03 2847 1992. Persentase perbedaannya sebesar 46,71 %.
2. Untuk contoh kasus yang ditinjau, tebal elemen pembatas dinding geser (250 mm) tidak memenuhi persyaratan UBC 1994 sehingga perlu diperbesar, sedangkan pada peraturan SNI 03 2847 1992 tidak dimuat ketentuan mengenai tebal minimum elemen pembatas.
3. Untuk dinding geser yang mengalami pelelehan pada dasarnya sewaktu terjadi gempa kuat, SNI 03 2847 1992 telah memasukan faktor *overstrength* dan dinamis sebagai faktor pengali dalam menentukan gaya geser rencana pada dasar dinding geser apabila digunakan analisis statis ekuivalen, sedangkan pada UBC 1994 hal itu belum tercakup.
4. Ketentuan mengenai diperlukannya 2 lapis tulangan pada dinding geser, persyaratan menurut SNI 03 2847 1992 lebih ketat daripada persyaratan menurut UBC 1994.
5. Ketentuan mengenai ketentuan rasio penulangan minimum pada elemen pembatas (elemen pengaku), SNI 03 2847 1992 menetapkan nilai yang lebih tinggi (0,01) daripada nilai yang ditetapkan oleh UBC 1994 (0,005).

DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute, 1983, *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*, Commentary and Notes on ACI 318-83.

- Dowrick, 1978, *Earthquake Resistant Design*, A Willey-Interscience Publication New York,
- Istanto,J., 1994, *Pengaruh Dinding Geser pada Struktur Bertingkat Delapan*, Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,
- Lo,H,B., 1997, *Kajian Perancangan Dinding Geser Menurut Uniform Building Code 1994*, Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta,
- Muto,K., 1987, (Alih bahasa : Wira), *Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa*, Erlangga,
- Park,R., Paulay,T., 1975, *Reinforced Concrete Structures*, John Willey and Sons, New York,
- Paulay,T., Williams,R.L., 1980, *The Analysis And Design Of And The Evaluation Of Design Actions For Reinforced Concrete Ductile Shear Wall Structures*, Bulletin of New Zealand National Society for Earthquake Engineering, Vol. 13 No. 2 June 1980,
- Uniform Building Code 1994, 1994, *The International Conference of Building Officials*, California,
- Wakabayashi,M., 1986, *Design of Earthquake-Resistant Building*, McGraw Hill,